

DIN SPEC 74115

ICS 43.040.60

Einsprüche bis 2015-01-21

**Straßenfahrzeuge –
R744-Klimaanlagen –
Mechanischer Kältemittelverdichter;
Text Deutsch und Englisch**

Road vehicles –
R744-Air-conditioning systems –
Mechanical coolant compressor;
Text in German and English

Dieser Entwurf mit Erscheinungsdatum 2014-11-21 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Spezifikation von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfes besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter www.entwuerfe.din.de bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an naaautomobil@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/stellungnahme oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Automobiltechnik (NAAutomobil), 10004 Berlin, Postfach 8 04 62 (Hausanschrift: Behrenstr. 35, 10117 Berlin).

Die Empfänger dieses Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Zur Erstellung einer DIN SPEC können verschiedene Verfahrensweisen herangezogen werden:
Das vorliegende Dokument wurde nach den Verfahrensregeln einer Vornorm erstellt.

Gesamtumfang 75 Seiten

Inhalt

	Seite
Vorwort	3
Einleitung.....	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	5
4 Symbole und Abkürzungen	6
5 Allgemeine Anforderungen an das Bauteil	7
5.1 Lebensdauer.....	7
5.2 Lagerfähigkeit	7
6 Funktionsbeschreibung	7
6.1 Funktion	7
6.2 Bereitstellung Kältemittelmassenstrom bei hoher Effizienz	7
6.3 Regelung mKMV bei variabler Leistungsanforderung.....	9
6.4 Funktion bei unterschiedlichen Betriebszuständen	11
6.5 Dichtheit nach Außen.....	12
6.6 Beständigkeit des mKMV nach spontaner Entleerung bei Kältemittel R744	12
6.7 Funktion bei im Kältemittel umlaufenden Partikeln	12
6.8 Sicherheitsfunktion	13
6.9 Funktion bei Kältemittel Unterfüllung.....	13
6.10 Geräusch, Schwingungen, Rauheit (NVH)	13
7 Technische Anforderungen	14
7.1 Konstruktive Gestaltung	14
7.2 Antrieb mKMV über Riementrieb	17
7.3 Anbindung	17
7.4 Sicherheitsanforderungen — Begrenzung des Hochdrucks	18
7.5 Anforderung an Werkstoff und Fertigung	18
7.6 Akustisches Verhalten	19
7.7 Elektrische Anforderungen.....	19
8 Betriebsbedingungen.....	20
8.1 Umgebungstemperaturen	20
8.2 Temperaturen im Betrieb	20
8.3 Drücke	21
8.4 Verdichterdrehzahl	21
9 Funktionsprüfung	21
9.1 Allgemeines	21
9.2 Funktionsprüfungen	22
9.3 FAT-Test/Erprobung-Matrix	23
9.4 Geräuschmessung.....	25
9.5 Messung der Gaspulsation	26
9.6 Vibrationstest.....	28
9.7 Leistungsaufnahme bei AC-off.....	31
9.8 Prüfung Antriebsmoment Magnetkupplung	32
9.9 Prüfstandsdauerlauf.....	32
9.10 Dichtheitsprüfung	37
9.11 Ölumlauf Testverfahren (OCR-Messung)	37
9.12 Dekompressionsprüfung	37
9.13 Druckspitzentest.....	38

Vorwort

Dieses Dokument wurde vom Arbeitskreis NA 052-01-40 AA im Arbeitsausschuss „Kfz-Teile, Zubehör und Systeme“ erstellt.

Einleitung

Zielsetzung der Spezifikationsreihe ist die Erstellung einer gemeinsamen und einheitlichen Anforderungsbeschreibung für R744-Klimaanlagen für alle Pkw-Fahrzeugklassen der beteiligten Fahrzeughersteller unter Mitwirkung der Komponenten-Lieferanten, um mögliche Entwicklungsrisiken für diese neue Technologie einzugrenzen. Durch die Systemfunktionsbeschreibung kann eine Ressourcen schonende Entwicklung angestoßen und so ein Einsatz der R744-Klimaanlage schon in den Startapplikationen möglich werden.

Die Komponenten werden gleich oder ähnlich für die Fahrzeughersteller ausgeführt. Durch die Funktionsbeschreibung ergeben sich eindeutige Rahmenbedingungen für die Entwicklung und Qualifikation der Komponenten.

1 Anwendungsbereich

Diese DIN SPEC beschreibt die Funktionen und die Anforderungen für die Güte, Festigkeit und Lebensdauer für den mechanischen Kältemittelverdichter (mKMV), der in Kältekreisläufen mit dem Kältemittel R744 betrieben wird und legt entsprechende Prüfungen fest.

ANMERKUNG Diese DIN SPEC erhebt nicht den Anspruch auf Vollständigkeit und ersetzt nicht die Entwicklungsverantwortung der Komponentenhersteller.

Alle Drücke sind stets absolute Drücke.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

DIN SPEC 74102, *Straßenfahrzeuge — R744 Klimaanlage — Verbindungstechnik*

DIN SPEC 74105, *Straßenfahrzeuge — R744 Klimaanlage — Kältemittel*

DIN SPEC 74110, *Straßenfahrzeuge — R744 Klimaanlage — Druckbegrenzungselemente*

SAE J639:2011-12, *Safety Standards for Motor Vehicle Refrigerant Vapor Compression Systems*

ISO 13043, *Road vehicles — Refrigerant systems used in mobile air conditioning systems (MAC) — Safety requirements*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1

Abblasventil

Druckbegrenzungselement das bei Übersteigen des max. zulässigen Hochdrucks öffnet und Kältemittel nach außen abströmen lässt

3.2

Berstdruck

innerer Druck in einem Bauteil bei dem die Struktur beschädigt wird und eine Kältemittel-Leckage eintritt

3.3

FAT

(en: **Factory Acceptance Test**)

Prüfung zur Sicherstellung der Auslieferqualität von Muster

3.4

Idle

Leerlaufdrehzahl

3.5

Liquid start-up

Kältemittelförderung des KMV bei im Kurbelgehäuse eingelagertem flüssigem Kältemittel

3.6

Muffler

druckseitiges Ausgleichsvolumen integriert im mKMV zur Reduzierung der Gaspulsation

3.7**OCR-Messung**

Messung der kontinuierlichen Ölumlauftrate im Kältekreislauf

3.8**Package****Packaging**

Geometrische und funktionale Anordnung von Bauteilen einschließlich des Managements der Gesamtheit der Bauteile im Bauraum eines Automobils

3.9**Raffertest**

verkürzter Dauerlauftest und deutlich erhöhten Lastbedingungen

4 Symbole und Abkürzungen

AC	Klimaanlage
AC on	Klimaanlage an
AC off	Klimaanlage aus
BoL	Beginn der Lebensdauer (Begin of Life)
DBE	Druckbegrenzungselement
EoL	Ende der Lebensdauer (End of Life)
FAT	Testprozedur zum Nachweis der Qualität eines Neuteils (factory acceptance test)
GLRD	Gleitringdichtung – mechanische Wellendichtung zum Gehäuse
HD	Hochdruck
HV	Härte Vickers
KMV	Kältemittelverdichter
mKMV	mechanischer Kältemittelverdichter
mLK	mittlere Leistungsklasse
ND	Niederdruck
NVH	Geräusch, Vibration, Rauheit (noise vibration harshness)
OCR	kontinuierliche Ölumlauftrate
oLK	obere Leistungsklasse
PAG	Polyalkylenglykol (Kältemaschinenöl)
RT	Raumtemperatur
TWA	time weighted average (zeitlich gewichteter Mittelwert)
uLK	untere Leistungsklasse

5 Allgemeine Anforderungen an das Bauteil

5.1 Lebensdauer

Die Funktion des Bauteiles ist für eine mittlere Fahrzeuglebensdauer von mindestens 15 Jahren oder 300 000 km oder 8 000 Betriebsstunden zu gewährleisten.

5.2 Lagerfähigkeit

Die in dieser Funktionsbeschreibung für mKMV geforderten Eigenschaften sind bis 10 Jahre nach der Fertigung noch zu gewährleisten.

6 Funktionsbeschreibung

6.1 Funktion

Das Kältemittel wird von einem niedrigeren auf ein höheres Druckniveau verdichtet. Der Verdichtungsprozess selbst als auch die Möglichkeit einer stufenlosen Anpassung des Hubvolumens führen zu einem hohen Systemwirkungsgrad des Kältekreislaufs. Der extern angesteuerte mKMV ist regelbar mit einer stufenlosen Verstellung des Hubvolumens über eine Spanne von 2 % bis 100 %. Der mKMV ist im Riementrieb des Fahrzeugmotors eingebunden und wird direkt vom serpentinförmig angeordneten Riemen motordrehzahlabhängig angetrieben.

Beim Überschreiten eines definierten Antriebsmomentes zum Betrieb des mKMV muss der mKMV über eine geeignete Riemenschutzfunktion aus dem Eingriff genommen werden.

Der geförderte R744 Massenstrom kann in weiten Motordrehzahlbereichen den Kälteleistungsbedarf abdecken.

Die Austauschbarkeit der mKMV ausgeführt nach dieser DIN SPEC 74116 in gleichen Fahrzeug-Applikationen muss gewährleistet sein. Dies umfasst die konstruktiven Vorgaben wie die Anbindung an den Antriebsmotor und die Befestigung der Kältemittelleitungen als auch die Ansteuerung des mKMV.

Für die Auslegung des mKMV R744 ist der Betrieb in Kältekreisläufen mit ein- und zwei-Verdampfern, sowie Wärmepumpen zu gewährleisten.

Der Verdichter kann im Servicefall vom Motor und den Kältemittelleitungen gelöst und „re“-montiert werden.

6.2 Bereitstellung Kältemittelmassenstrom bei hoher Effizienz

Die Ansteuerung des Kältemittelverdichters und damit die Bereitstellung eines geeigneten Kältemittelmassenstroms erfolgt als Funktion der geforderten Kälteleistung am Verdampfer.

Die Auslegung und die Funktion des mKMV muss so sichergestellt sein, dass die Kälteleistungsanforderungen mit optimaler Effizienz erreicht werden.

Tabellen 1 bis 4 zeigen die maximale Leistungsaufnahme bezogen auf die jeweiligen Kältemittelmassenströme der unterschiedlichen Leistungsklassen nach 7.1.2.

Tabelle 1 — Leistungsaufnahme bei Volllast

Drehzahl (1/min)	mKMV – Drehzahl			
	IDLE - 900	1 800	2 500	4 000
Kältemittel-Massenstrom uLK, mLK, oLK kg/h	n.a./105/115	n.a./165/180	n.a./230/250	n.a./160/175
Leistungsaufnahme uLK, mLK, oLK kW	n.a./1,7/2,0	n.a./3,3/3,9	n.a./3,9/4,9	n.a./5,3/6,6
Hochdruck/ Saugdruck nach/vor Verdichter MPa	11,5/4,4	12,8/3,5		12,8/3,1
Temperatur vor Verdichter °C	36	26		19

Tabelle 2 — Leistungsaufnahme bei mittlerer Last

Drehzahl (1/min)	mKMV – Drehzahl			
	IDLE - 900	1 800	2 500	4 000
Kältemittel-Massenstrom uLK, mLK, oLK kg/h	70	70	70	70
Leistungsaufnahme uLK, mLK, oLK kW	< 1,4	< 1,7	< 1,9	< 2,2
Hochdruck/Saugdruck nach/vor Verdichter MPa	10,6/3,5			
Temperatur vor Verdichter °C	26			

Tabelle 3 — Leistungsaufnahme bei niedriger Last

Drehzahl (1/min)	mKMV – Drehzahl			
	IDLE - 900	1 800	2 500	4 000
Kältemittel-Massenstrom uLK, mLK, oLK kg/h	40	40	40	40
Leistungsaufnahme uLK, mLK, oLK kW	< 0,65	< 0,87	< 1,1	< 1,32
Hochdruck/ Saugdruck nach/vor Verdichter MPa	7,8/4,4			
Temperatur vor Verdichter °C	26			

Tabelle 4 — Leistungsaufnahme bei minimaler Last

Minimal regelbare Leistungsanforderung	mKMV – Drehzahl			
	IDLE - 900	1 800	2 500	4 000
Kältemittel-Massenstrom uLK, mLK, oLK kg/h	≈11	≈11	≈11	≈15
Leistungsaufnahme gemessen über Drehmomentnabe [W]	≤ 140	≤ 180	≤ 260	≤ 360
Hochdruck/Saugdruck nach/vor Verdichter MPa	5,3/4,0			
Temperatur vor Verdichter °C	15			

6.3 Regelung mKMV bei variabler Leistungsanforderung

6.3.1 Anforderungen

Der mKMV muss im eingeregelter Betriebspunkt einen konstanten Massenstrom weitgehend unabhängig der Drehzahl liefern und muss auch im dynamischen Betrieb kritische Druckspitzen (< 14 MPa) vermeiden.

Der mKMV muss die Massenströme nach Bild 1 stabil einregeln können, dieses gilt auch für den minimalen Massenstrom von 11 kg/h.

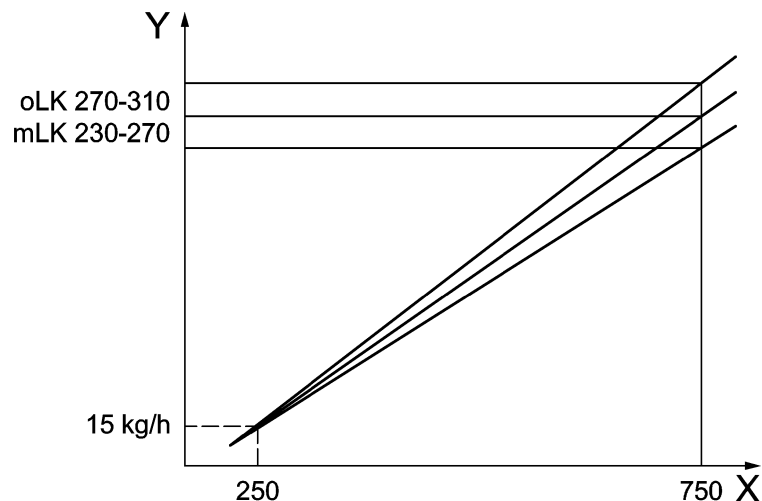
Die zulässige Hysterese (min/max/min) bei einem Steuerungseingriff sollte klein sein (siehe Bild 2)

Beim Einschalten der AC Anlage muss das entstehende Verdichterdrehmoment mit Hilfe entsprechender Regelalgorithmen bei allen Betriebsbedingungen kontrollierbar sein.

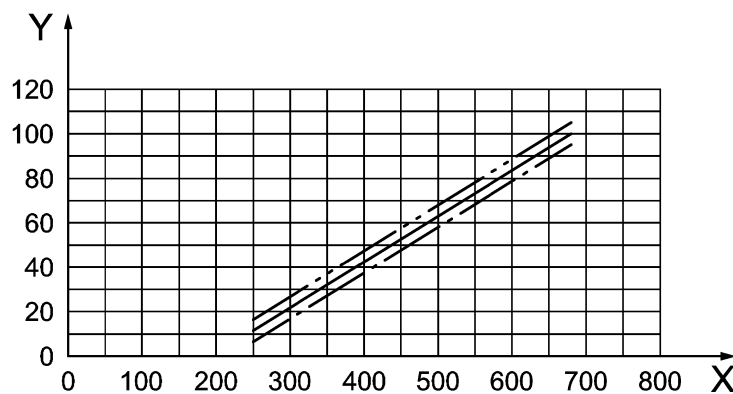
Die Austauschbarkeit unterschiedlicher mKMV in gleichen Fahrzeugapplikationen muss für die Ansteuerung des mKMV bezüglich eines weitgehend gleichen Kältemittelmassenstromes gewährleistet sein.

Der minimale Kältemittelmassenstrom muss bei einem Regelstrom von 250 mA einstellbar sein. Der maximale Kältemittelmassenstrom steht an bei 750 mA.

Für den mKMV müssen Algorithmen möglich sein, welche das vom mKMV aufgenommene Drehmoment mit hinreichender Genauigkeit und Dynamik ($< \pm 1,5 \text{ Nm}$) mit denen vom R744 Kältekreislauf und Fahrzeug verfügbaren Daten für Temperatur, Differenzdruck, Drehzahl und Regelstrom ableiten lassen.

**Legende**

Y Massenstrom in kg/h
Y Regelstrom in mA

Bild 1 — mKMV Saugdruck bei liquid start-up**Legende**

Y pd-ps in MPa
X Regelstrom in mA
— . — = obere Toleranz
— = nominal
— . — = untere Toleranz

Bild 2 — Kennlinie für Differenzdruckregelventil – Regelventil Charakteristik**6.3.2 Festlegung der Kennlinie für Differenzdruckregelventil**

Die Kennlinie ist definiert durch die folgenden zwei Punkte bei einer Toleranz von $\pm 0,5$ MPa:

- Regelstrom 0,25 A mit nominal $\Delta p = 1,3$ MPa
- Regelstrom 0,68 A mit minimal $\Delta p = 10$ MPa

6.4 Funktion bei unterschiedlichen Betriebszuständen

6.4.1 Leistungsaufnahme im AUS-Betrieb

Bei kupplungsloser Einbindung des KMV in den Riementrieb des Motors muss bei deaktiviertem Kältemittelverdichter die benötigte Schleppleistung zur Drehung des KMV Antriebs möglichst gering sein.

Tabelle 5 — Leistungsaufnahme KMV im Aus-Betrieb (kupplungslos)

	mKMV – Drehzahl					
Drehzahl 1/min	700	1 000	2 000	3 000	4 000	5 000
Leistungsaufnahme W	< 11	< 19	< 56	< 111	< 184	< 250

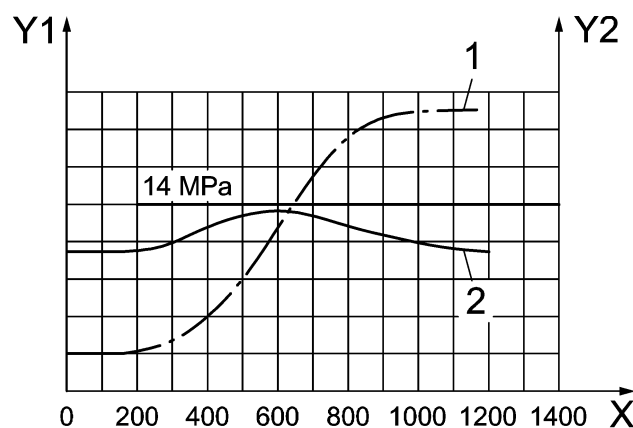
6.4.2 Funktion beim Ein-und Ausschalten

Der KMV muss über ein definiertes Start- und Ausschaltverhalten verfügen. Damit sollte gewährleistet sein, dass der gewünschte Kältemittelmassenstrom unmittelbar nach dem Einschalten vorliegt und nach dem Ausschalten in sehr kurzer Zeit zum Erliegen kommt.

6.4.3 Funktion beim Einschalten unter hohem Druck

Der mKMV sollte auch bei dynamischen Betrieb in einem Fahrzeug keine unzulässig hohen Drücke im Kältekreislauf verursachen. Dies sollte bezüglich des Anlaufverhaltens und im eingeschwungenen Betrieb der Fall sein.

Der mKMV eingebunden im Kältekreislauf sollte bei jedem Kältemittelmassenstrom und einem Hochdruck von 13 MPa sowie einer Drehzahlerhöhung von 5 000 1/min pro Sekunde (ohne Änderung der Expansionsventil Ansteuerung und ohne Änderung der Verdichteransteuerung) so betreibbar sein, dass 14 MPa nicht überschritten werden.



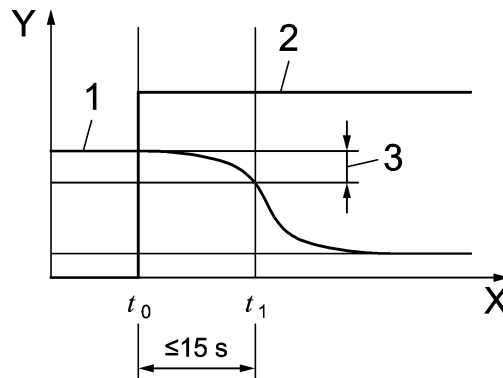
Legende

- Y1 Kompressor Geschwindigkeit
- Y2 Entladedruck
- X Zeit in s
- 1 Kompressor Geschwindigkeit
- 2 Entladedruck

Bild 3 — Betriebsverhalten KMV bei Drehzahlsprung unter hohem Druck (beispielhaft)

6.4.4 Anlauf mit flüssigem Kältemittel im Kurbelgehäuse

Der mKMV sollte unter allen Betriebs- und Standbedingungen spontan anlaufen. Im Falle einer Ansammlung des flüssigen Kältemittels im mKMV-Kurbelgehäuse, ist ein entsprechendes Anlaufverhalten gefordert. Der Beginn der Kältemittelförderung des mKMV sollte sich durch im mKMV eingelagertes flüssiges Kältemittel nicht mehr als 15 s verzögern.



Legende

- Y Saugdruck p_s in MPa/Strom in mA
- X Zeit in s
- 1 Saugdruck
- 2 Strom Regelventil
- 3 $\Delta p_s \geq 1 \text{ MPa}$ oder $p_s < 3,5 \text{ MPa}$

Bild 4 — mKMV Saugdruck bei liquid start-up

6.5 Dichtheit nach Außen

Der mKMV muss zur Umgebung hin folgende Dichtigkeitsanforderungen erfüllen. Bei Atmosphärendruck darf bei gleichem ein und auslassseitigem Druck von 1 MPa bis 12 MPa eine Leckrate 15 g/a nicht überschritten werden.

Dieser Summenwert umfasst die Gesamtleckage und schließt u. a. die Leckage an der Gehäuse radialdichtung, den statischen Gehäusedichtstellen und ggfs. geringe Undichtheiten der Gehäusebauteile ein.

Sie gelten für den neuen und den eingelaufenen mKMV und bei statischem und dynamischem Betrieb.

6.6 Beständigkeit des mKMV nach spontaner Entleerung bei Kältemittel R744

Im Fall des ungeplanten spontanen Entleerens des R744 Kältekreislaufs (d. h. Kältemittelverlust in weniger als 10 s z. B. in Folge eines Fahrzeugunfalls) sollte der mKMV keinen Schaden nehmen. Dabei sollte es unerheblich sein, welcher Betriebszustand bei der Entleerung herrschte.

6.7 Funktion bei im Kältemittel umlaufenden Partikeln

Der mKMV ist mechanisch robust gegenüber im Kältekreislauf zirkulierenden spezifizierbaren unlöslichen, ablösbaaren und/oder schwemmbaraen Verunreinigungen.

Diese Anforderung entspricht dem heutigen Stand der Technik. Die Werte für R134a mKMV müssen hinsichtlich ihrer Eignung und Übernahme für R744 zwischen Hersteller und Fahrzeughersteller bewertet werden auch müssen die unterschiedlichen Messmethoden zur Bestimmung der Verunreinigung bewertet werden.

Tabelle 6 — Verschmutzung im Kältekreislauf

	Größe mm	Härte HV	Menge mg
Max. Partikelgröße und Masse im R744 Kältekreislauf	0,5 × 0,5 × 1,0	bis 400	max. 160*
		> 400 bis ≤ 1 000	2 ^a
		> 1 000	0

Unabhängig vom Vorhandensein eines systemseitigen Filterelements muss der mKMV-Lieferant sicherstellen, dass Verschmutzungen gemäß Tabelle 6 im Gesamtsystem (inkl. der geforderten inneren Reinheit aus 7.5.4 des mKMV) keine Funktionsbeeinträchtigungen verursachen. Dieses gilt auch für hydroabrasive Erosion und Kavitation.

6.8 Sicherheitsfunktion

Der mKMV muss mit einem DBE nach DIN SPEC 74110 ausgestattet sein. Bei einem Überschreiten des maximalen zulässigen Hochdrucks am mKMV, muss durch das Auslösen der DBE das Kältemittel abblasen und einen weiteren Druckanstieg verhindert werden.

Die Funktionseigenschaften der DBE müssen über die gesamte Lebensdauer erhalten bleiben. Fahrzeugumgebungs-, und produktionsseitige Einflussfaktoren müssen dazu Berücksichtigung finden.

6.9 Funktion bei Kältemittel Unterfüllung

Der KMV muss gegenüber einer Kältemittel Unterfüllung robust sein und darf bei Unterfüllung bis 50 % im Betrieb keinen Schaden nehmen.

Eine Schmierung mit entsprechenden Notlaufeigenschaften ist gefordert, sodass eine Eigenbeschädigung des KMV vermieden wird.

6.10 Geräusch, Schwingungen, Rauheit (NVH)

6.10.1 Allgemeines

Der akustische Eintrag in das Fahrzeug durch Verdichtung des Kältemittels und die mechanische Triebwerksbelastung ist zu minimieren. Dabei orientieren sich die übertragenen Geräusche, Schwingungen und Rauheit am Stand der Technik für heute übliche KMV der gehobenen Leistungsklassen.

ANMERKUNG Die Anforderungen in den jeweiligen Leistungsklassen orientieren sich an den akustisch besten mKMV, d. h. für die oberen Leistungsklassen sind die heutigen 7 Zylinder R134a mKMV Basis für die Bewertung von Gaspulssationen, Vibrationen, Betriebsschwingverhalten, Kraftübertragung in der Anbindung (Modalanalyse motorseitige Anregungen über Anbindung), usw. Für R744-Kältekreisläufe wird eine stärkere Übertragung der Anregungen in das Klimasystem möglich sein, hervorgerufen durch eine ggf. ungünstigeren Entkopplung der Kältemittelleitungen.

Der mKMV darf in keiner betriebsrelevanten Situation akustisch hervortreten. Dies beinhaltet Anregungen des mKMV von außen im EIN- und AUS-geschaltetem Zustand, als auch die direkt vom mKMV erzeugten Geräuschbildern:

- Anregung des mKMV durch andere Aggregate des Riementriebs;
- Anregung anderer Aggregate im Riementrieb durch den mKMV;
- Körperschallübertragung durch Motorstruktur;
- Saug- und druckseitige Pulsationen erzeugt durch den KMV.

Ein betriebsgerechtes Geräusch bei allen Motorvarianten ist ohne Anwendung von externen Ausgleichsbehältnissen (Mufflern) gefordert.

6.10.2 Gaspulsationsverhalten

Der mKMV sollte auf der HD- und ND-Seite eine geringe Gaspulsation aufweisen, weil diese durch den Verbund „mKMV und Kältemittelleitungen“ auf das Fahrzeug übertragen werden können. Deshalb ist die Funktion des mKMV ohne betriebsrelevante Pulsation an den Referenzpunkten Gaskühlereintritt und Akkumulator Austritt gefordert.

6.10.3 Vibrationsverhalten

6.10.3.1 Allgemeines

Der mKMV sollte wenig Vibration verursachen, weil diese durch den Verbund „mKMV und Kältemittelleitungen“ oder die Anschraubpunkte des KMV auf das Fahrzeug übertragen werden können.

6.10.3.2 Funktion bei Vibrationsanregung durch den mKMV

Die Beschleunigungen am KMV-Zylinderblock bei Durchfahren der Drehzahlbänder sollten gering bleiben, aber nicht mehr als die Werte in Tabelle 7 betragen. Dort sind die maximalen Beschleunigungspegel als Stützstellen bei stetig ansteigender und abfallender Drehzahl zwischen 800 und 4000 1/min definiert

Tabelle 7 — Beschleunigungen am KMV Zylinderblock bei einer stetigen Drehzahlrampe

mKMV Drehzahl 1/min	800	2 000	4 000
Quer m/s*s	$\leq 1,0$	$\leq 2,2$	≤ 8
Längs m/s*s	$\leq 2,0$	$\leq 4,0$	≤ 18
Vertikal m/s*s	$\leq 1,0$	$\leq 3,0$	≤ 10

Es sollten keine Vibrationsspitzen zwischen 800 und 4 000 1/min auftreten.

6.10.4 Funktionsverhalten bei Rotorunwucht

Der Rotor des mKMV sollte bei einer zulässigen Rotorunwucht und den festgelegten Funktionen keine unzulässigen akustischen Einträge in das Fahrzeug verursachen.

7 Technische Anforderungen

7.1 Konstruktive Gestaltung

7.1.1 Allgemeines

Für die mKMV's R744 wird das Package an dem Stand der Technik der R134a mKMV ausgerichtet und berücksichtigt die anwenderspezifischen Unterscheidungsmerkmale. Die Package-Anforderungen für oLK und mLK sind hierbei identisch. Die Packageanforderungen für uLK sind noch nicht definiert.

Identische Package-Schnittstellen unabhängig des Kältemittels müssen anwenderspezifisch eingehalten werden:

— Anbindung Motor (Lochbild)/Integration Riementrieb;

- Portpositionen (Saug-/Druckanschlüsse);
- maximales Hüllvolumen;
- Kontaktierung;
- Position Druckbegrenzungselement;
- Position Regelventil.

7.1.2 Hubraumklassen

Die Standardmerkmale sind nach Hubraumklassen dargestellt. Konstruktive Anforderungen die über die nachstehend aufgeführten Parameter hinausgehen, müssen zwischen Lieferant und Fahrzeughersteller abgestimmt werden.

- oLK max. 31 ccm
- mLK max. 28 ccm
- uLK max. 23 ccm

Die Hubraumfestlegung in den Leistungsklassen sollte sich möglichst an dem maximalen Werten ausrichten, um eine vereinfachte Austauschbarkeit der mKMV nach dieser DIN SPEC 74115 ohne Anpassungen der Regelungsparameter zu ermöglichen.

7.1.3 Ausführungsvarianten

Die folgenden Ausführungsvarianten sind möglich:

- Package Variante A – Querverschraubung I
- Package Variante B - Längsverraubung
- Package Variante C – Querverschraubung II
- Package Variante D – Querverschraubung III

Bild 5 zeigt beispielhaft Variante A. Die alternative Package Varianten sind zwischen Fahrzeughersteller und Lieferant abzusprechen.

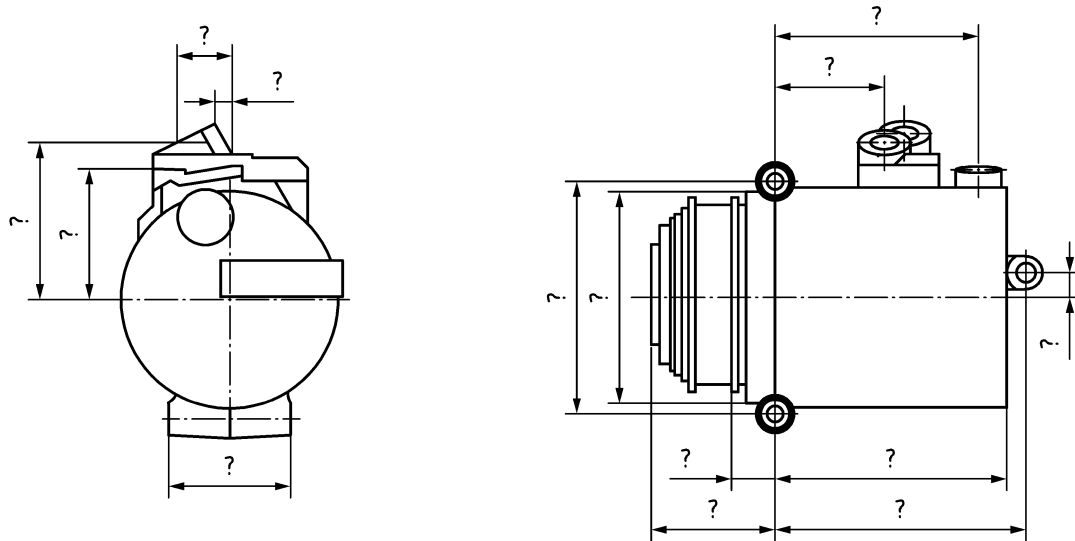


Bild 5 — Variante A Querverschraubung

7.1.4 Gewicht

Die Gewichtsangaben sind entsprechend dem fahrzeugseitigem Anbau anzugeben (z. B. ohne Verschlusskappen und mit Kältemaschinenöl-Befüllung). Es gelten die folgenden Richtwerte:

- Gewicht oLK ohne Kupplung: 5,5 kg
- Gewicht oLK mit Kupplung: 6,5 kg
- Gewicht mLK ohne Kupplung: 5,0 kg
- Gewicht mLK mit Kupplung: 6,0 kg
- Gewicht uLK ohne Kupplung: n.A.
- Gewicht uLK mit Kupplung: n.A.

7.1.5 Konstruktive Anforderungen

7.1.5.1 Allgemeines

Der mKMV sollte so umgesetzt werden, dass eine gute Ein- und Ausschaltdynamik gegeben ist. Dazu sind ggfs. entsprechende Maßnahmen (z. B. ein HD-seitiges Rückschlagventil) vorzusehen.

Das Bauprinzip des mKMV muss sicherstellen, dass unter den gegebenen Betriebsbedingungen sich eine ausreichende Kälteleistung ohne auffällige akustische Störungen einstellt.

Der Antrieb des mKMV erfolgt entweder über eine kupplungslose Riemenscheibe, vorzugsweise aus Kunststoff, oder eine Stahlriemenscheibe mit integrierter Magnetkupplung.

Der mKMV für R744-Kältekreisläufe muss mit Kältemaschinenölen betreibbar sein welche DIN SPEC 74105 entsprechen. Der mKMV muss die Betriebs- und Haltbarkeitsanforderungen mit dem festgelegten PAG Kältemaschinenöl und als Mischung mit anderen definierten die DIN SPEC 74105 erfüllenden Ölen sicherstellen (siehe 7.5.3.2).

7.1.5.2 GLRD

Der Durchmesser der mKMV-Welle ist für die GLRD zu minimieren um kritische thermische Belastungen zu begrenzen. Die gewählten Durchmesser sind in ihren Hauptabmessungen standardisiert auszuführen um eine Austauschbarkeit zu gewährleisten.

Die Wahl des Wellendurchmessers muss für die Applikation des mKMV's mit Magnetkupplung und in kupplungsloser Ausführung identisch sein.

Die Funktion der GLRD ist im Vorfeld mit definierten Vibrationsversuchen und Dichtheitsuntersuchungen abzusichern und die zur Verwendung freigegebenen Kältemaschinenöle und deren Mischungen müssen berücksichtigt werden. Eine Absicherung der verwendeten Elastomere hinsichtlich thermischer Stabilität und Verträglichkeit mit den Schmiermitteln ist nachzuweisen.

7.2 Antrieb mKMV über Riementrieb

7.2.1 Allgemeines

Die Ausführung und die Funktion der Antriebskomponenten des mKMV (Riemenscheibe, Kupplung, Riemen- Schutz und Drehmomentübertragung zum Riementrieb) für den R744 KMV entsprechen dem Stand der Technik gegenwärtiger mKMV.

7.2.2 Riemenscheibenlager

Die Auslegung der Lager muss fahrzeugüblichen Lastkriterien (Drehzahlkollektiv, Axialkräfte, Drehzahlen, Temperaturkollektive etc.) genügen. Dabei sind für die Auslegung die kritischsten Anwendungen entscheidend und sind entsprechend abzusichern. Die z. T. höheren Leistungsaufnahmen des R744 mKMV sollten beachtet werden. Die Übersetzungsverhältnisse im Riementrieb müssen aus den laufenden Applikationen mit dem gegenwärtigen Kältemittel übernommen werden.

Es muss sichergestellt werden, dass das Kältemaschinenöl (und evtl. gelöstes Kältemittel) nicht in das Riemenscheibenlager eintreten kann.

7.2.3 Auslegung Antriebsmoment Magnetkupplung

Die Drehmomentübertragung von der mKMV Antriebswelle zur Riemenscheibe sollte über Mitnehmer mit integriertem Dämpfungselement oder eine Rutschkupplung erfolgen. Dabei sind die maximal auftretenden Drehmomente des mKMV zu beachten. Ferner sind die Drehmomentschwankungen des Antriebsmotors, die Temperatur- und Spannungseinflüsse dabei zu berücksichtigen.

Tabelle 8 — Drehmomentenübertragung Riementrieb

Drehmomentübertragung Magnetkupplung	0 Nm bis 60 Nm bei –40 °C bis 130 °C
Auslösedrehmoment Überlastschutz mechanischer Drehmoment-Begrenzer	60 Nm bis 90 Nm bei –40 °C bis 130 °C
Drehmoment-Ungleichförmigkeit Antriebsmotor	± 10 Nm

7.3 Anbindung

7.3.1 Anbindung an den Motor

Der mKMV sollte mit identischen Schrauben und Anzugsmomenten, entsprechend dem Stand der Technik gegenwärtiger mKMV, am Motor verschraubt werden.

7.3.2 Einbindung in den Kältekreislauf

Die Einbindung in den R744-Kältekreislauf erfolgt durch Anbindung an Kältemittelleitungen auf der ND- und HD-Seite des mKMV.

Die Schnittstellen zum R744 Kältekreislauf sind durch die Ausführung und Lage der Anschlüsse der verwendeten Verbindungstechnik definiert. Die Anforderungen nach DIN SPEC 74102 müssen erfüllt werden.

7.4 Sicherheitsanforderungen — Begrenzung des Hochdrucks

Der mKMV muss mit einem HD-seitigen DBE bevorzugt als Druckabblaseventil, nach DIN SPEC 74110 ausgestattet werden. Das DBE muss direkt auf der HD-Seite im KMV Gehäuse oder unmittelbar am HD-Austrittsflansch angeordnet sein — vorteilhaft ist die Integration im HD-seitigen Muffler des mKMV. Das Abblasventil bzw. das Berstelement auf der HD-Seite ist daher Bestandteil des Verdichters.

Das DBE muss so platziert werden, dass bei bestimmungsgemäßen Öffnen, das Kältemittel ohne weiteren Schaden zu verursachen, ausströmen kann. Ferner muss das Abströmen so erfolgen können, dass Personen in der Nähe des Ausströmorts nicht durch das unter hohem Druck entweichende Kältemittel gefährdet werden.

Vom Einbauort des DBE muss das Kältemittel außerhalb der Bereiche Fahrgastraum, Klimagerät, Luftansaugung und Gepäckraum ausgeblasen werden können. Das DBE ist dabei so angeordnet, dass ein direkter Aufprall des Kältemittelstroms aus Kältemittel und Kältemittelöl auf die abgasführenden Bauteile des Motors gering ist. Bei Verwendung eines Abblasventils sollte bei der Anordnung des DBE berücksichtigt werden, dass ein Einbau eine dauerhafte Ölbenetzung des Ventilsitzes ermöglicht, welches die Dichtheit begünstigt.

Die DBE müssen so angeordnet und ggfs. geschützt werden, dass externe Einflüsse, wie z. B. Temperatur, Witterung, und Schmutz keinen Einfluss auf die Funktion haben. Die produktionsseitigen Einflussfaktoren müssen prozesssicher umsetzbar sein.

Die DBE sollten so positioniert und ausgeführt werden, dass ein Auslösen oder ein erstmaliges Ansprechen des DBE erkennbar ist.

7.5 Anforderung an Werkstoff und Fertigung

7.5.1 Allgemeines

Zum Einsatz kommende Werkstoffe müssen während der gesamten Lebensdauer der Komponente den hohen Temperatur- und Druckanforderungen gerecht werden und dürfen zu keinem Zeitpunkt gesundheitsgefährdende oder -schädliche Auswirkungen auf den Menschen und die Umwelt haben.

Das Bauteil muss gegenüber den vom Hersteller fahrzeugseitigen verwendeten Betriebsstoffen resistent sein. Entsprechendes gilt für die systemintern zum Einsatz kommenden Medien (Kältemaschinenöl, Kältemittel).

Bei Einsatz von Elastomeren im mKMV muss das Verhalten bei plötzlicher Dekompression berücksichtigt werden und eine ausreichende chemische und thermische Stabilität gegeben sein.

7.5.2 Korrosionsbeständigkeit und Oberflächenschutz

Der Oberflächenschutz ist unabhängig vom Kältemittel und muss dem Stand der Technik entsprechen.

7.5.3 Kältemaschinenöl

7.5.3.1 Allgemeines

Das Kältemaschinenöl stellt eine ausreichende Schmierung aller beweglichen Triebwerksteile des Kältemittelverdichters sicher. Des Weiteren wird Wärme von Bauteilen abgeleitet und das Kältemaschinenöl/Kältemittel-Gemisch unterstützt die Abdichtfunktion für den Verdichtungs Vorgang. In den unterschiedlichen Betriebs- und

Lastzuständen sollten Mischungslücken vermieden werden. Neben einer guten Mischbarkeitscharakteristik mit dem Kältemittel R744 sind gute tribologische Eigenschaften, gute Kältefließeigenschaften, hohe Alterungsbeständigkeit und eine hohe chemische Stabilität unter Kältemitteleinfluss erforderlich.

7.5.3.2 Anforderungen

Die Kältemaschinenöle sind synthetische Schmierstoffe auf Basis von Polyalkylenglykolen (PAG) und müssen in ihren Eigenschaften den Anforderungen der DIN SPEC 74105 entsprechen.

Das vom Komponentenhersteller festgelegte Kältemaschinenöl muss:

- frei im Markt verfügbar sein;
- mischbar sein mit bis zu 50 % Kältemaschinenölen welche die Anforderungen nach DIN SPEC 74105 erfüllen und von den Fahrzeugherstellern für R744 Kältekreisläufe freigegeben sind.

7.5.4 Innere Reinheit

Der mKMV ist so auszuführen dass die zulässigen Grenzen für die innere Reinheit nicht überschritten werden.

Tabelle 9 — Innere Reinheit

maximale Partikelgröße und Menge im Verdichter	Größe mm	Härte HV	Menge mg
	0,5 × 0,5 × 1,0	bis 400	17
		> 400 bis ≤ 1 000	1
		> 1 000	0

Größere Partikel sind erlaubt, wenn sie sehr weich sind (z. B. Gummi, Baumwollfasern u.ä.).

7.6 Akustisches Verhalten

Der Einsatz eines integrierten Muffler-Volumens auf der HD-Seite muss konstruktiv vorgehalten werden. Die Verbesserung der HD-seitigen Gaspulsationen und die Risiken bezüglich Dichtigkeit müssen während des Entwicklungsprozess von Hersteller und Fahrzeughersteller bewertet werden. Eine konstruktive Einbindung des HD-seitigen Abblaseventils (Pressure Relief Valves) innerhalb des Muffler-Volumens kann vorgesehen werden.

7.7 Elektrische Anforderungen

Die elektrische Kontaktierung muss mit dem identischen Stecker analog der gegenwärtigen Anwendungen kältemittelunabhängig ausgeführt werden. Die Fahrzeughersteller spezifischen Vorgaben bleiben unverändert erhalten.

Tabelle 10 — Anforderungen an das mKMV-Regelventil

Externes Regelventil	
Nennspannung	12 V
Min./Max. Betriebsspannung	9,8/16 V
Kurzschlussfestigkeit	Ja, bei max. Spannung am R.-ventil: $U < 16 \text{ V}$
Elektrischer Anschluss/Anzahl der Pole	2
Spulenwiderstand R20 bei 20 °C	Ω (Angabe Lieferant)
Spulenwiderstand bei 120 °C	Ω (Angabe Lieferant)
Diode im Regelventil	Keine (im Steuergerät integriert)
Spannungsabfall Ein - Aus (gem. EMV)	Anwenderspezifisch
Ansteuersignal Art	PWM (400 – 500) $\pm 10 \text{ Hz/A}$ $0,3 \leq I \leq 0,8$
max. Stromaufnahme	0,9 A
Max. Leistungsaufnahme bei 20 °C Umgebungstemperatur, $U = 12 \text{ V}$, nach 60 s	10,8 W
Leitungsquerschnitt Anschlussleitung	0,5 mm
Kurzschlussfest gegen Masse und Plus unter allen Betriebsbedingungen	Ja
Durchgangswiderstand bei 500 KV und 30s	$> 10 \text{ M}\Omega$
Einsatztemperatur	wie für Verdichter spezifiziert
Berührungs-, Fremdkörper- u. Wasserschutz	IP-Schutzart IP5K/7+9K
Einzeldauerprüfung für Regelventil	tbd
Prüfbedingungen für Regelcharakteristik PMW(Hz)/Spannung(V)/Umgebungstemperatur	tbd
EMV Anforderungen	Fahrzeughersteller spezifisch

8 Betriebsbedingungen

8.1 Umgebungstemperaturen

Die Dauerhaltbarkeit des mKMV muss bei folgenden Umgebungstemperaturen gegeben sein:

- AC on: -5 °C bis 135 °C
- AC off: -40 °C bis 135 °C

Höhere Umgebungstemperaturen (bis 150 °C) erfordern spezifische Untersuchungen.

8.2 Temperaturen im Betrieb

Ein Betrieb des R744 Kältekreislaufs mit einer maximalen Heißgastemperatur von 165 °C am mKMV-Austritt muss möglich sein. Die Dauerhaltbarkeit der Komponente ist zu gewährleisten und die kritischen Temperaturen im Bereich der Gleitringdichtung oder anderen Bereichen sind zu begrenzen. Dieses gilt im Besonderen,

wenn höhere Heißgastemperaturen als 165 °C (< 180 °C) zugelassen werden sollen. Diese müssen über detaillierte Versuche im jeweiligen System abgesichert werden.

8.3 Drücke

Tabelle 11 — Drücke im mKMV

	maximaler Druck MPa	Berstdruck MPa	Berstdruck bei °C
ND-Seite	13	26	a
HD-Seite BoL	17	34	a
HD-Seite EoL	17	25,5	165
^a nach SAEJ639 und ISO 13043 wird keine Temperatur vorgegeben			

Die Druckbelastungsdauer beträgt 1 Minute.

Die Anforderungen nach Bauteilalterung sind nach SAE J639:2011-12, 6.1.2, zu erfüllen.

Für den Nachweis der Berstdruck-Sicherheit nach Bauteilalterung ist die Berstdruckprüfung nach dem Dauerlauftest in 9.3 durchzuführen.

8.4 Verdichterdrehzahl

8.4.1 Allgemeines

Die Schnittstelle zum Antriebsmotor des Fahrzeugs vom Kältemittelverdichter bildet die Riemenscheibe im Riementrieb.

8.4.2 Drehzahlspektrum

Das Drehzahlband des Antriebsmotors bestimmt zusammen mit dem geforderten Drehzahlspektrum des mKMV das Übersetzungsverhältnis im Riementrieb. Die Riemenscheibendurchmesser sind in Absprache mit dem Lieferant und dem Fahrzeughersteller in Anlehnung an den Stand der ausgeführten R134a mKMV.

Das Drehzahlspektrum beschreibt die Mindestdrehzahl des mKMV bei Motor-Idle, die maximale Dauerdrehzahl des mKMV, eine Höchstdrehzahlen für extreme Betriebsbedingungen.

Tabelle 12 — Drehzahlanforderungen

Zulässige Drehzahlen mKMV (U/min)	
Mindestdrehzahl	700
Max. Dauerdrehzahl	9 500
Höchstdrehzahl	9 800 für 600 × 1 min 11 000 für 60 × 1 min

9 Funktionsprüfung

9.1 Allgemeines

Für alle aufgeführten Funktionsprüfungen gilt:

Die entsprechenden Vorgaben/Bedingungen sollten in Abstimmung zwischen Hersteller und Fahrzeughersteller im Laufe des Entwicklungsfortschritts überprüft werden.

9.2 Funktionsprüfungen

9.2.1 Prüfung der Ein/Ausschaltfunktion

Die Prüfung wird an einem R744 Kältekreislauf mit Fahrzeugkomponenten durchgeführt. Temperaturen 20 °C bzw. 30 °C bei 40 % relativer Feuchte.

Versuchsbeginn: nach ausreichender Stillstandszeit, vollständigem Druckausgleich, kein flüssiges Kältemittel im mKMV-Gehäuse;

Verdampfer- und Gaskühler/ Kondensatorgebläse: max. (12 V); mKMV-Drehzahl bei 1 000 1/min; max. Regelventilstrom;

Zeit für Hochlaufen: Startvolumen nach Druckausgleich: 100 % Hubvolumen;

Zeit für Herunterfahren: von 100 % auf < 20 % Hubvolumen bzw. von 20 % auf minimal (bezogen auf Drehmoment (Nm)).

Tabelle 13 — Prüfbedingungen zur Bestimmung der Ein-/Ausschaltdynamik

Einschaltcharakteristik Aus - Ein	≤ 2 s
Ausschaltcharakteristik Ein - Aus,	0,5 s bis 1 s
	≤ 2 s

9.2.2 Notlaufeigenschaften

Es sind zwei Prüfungen gefordert:

- (1) Betrieb mit Unterfüllung
- (2) Betrieb ohne Kältemittel und Kältemaschinenöl

Die Notlaufeigenschaften des mKMV werden an einem R744 Kältekreislauf Systemprüfstand geprüft. Als Ergebnis des Versuchs dürfen unter den angegebenen Testbedingungen keine funktionalen Schädigungen auftreten.

Während der Tests sollten keine funktionsrelevanten Veränderungen an den KMV Bauteilen auftreten wie z. B. kritische Verschleißspuren, mechanische Deformationen oder Schäden, sowie sich lösende Bauelemente. Ölverlust, unzulässige Veränderungen des Kältemaschinenöls, Kältemittelverlust außerhalb der in 9.11 beschriebenen Werte.

Die Anforderungen in 6.2 (z. B. Antriebsleistung, Kältemittelmassenstrom und Akustik) dürfen nach abgeschlossenem Test um max. 10 % über- bzw. unterschritten werden.

Tabelle 14 — Anforderungen mKMV AC on bei Unterfüllung

Kältemittel/Ölfüllung	R744 Kältekreislauf mit 125 g/dm ³ R744 befüllt, Nominale Masse Öl
Drehzahlspektrum	nach 9.9.3
Umgebungstemperatur	100 °C
Dauer	Gesamt 350 (entspricht 5 Zyklen)

Tabelle 15 — Anforderungen mKMV AC off ohne Kältemittel/Kältemaschinenöl

Kältemittel/Ölfüllung	Verdichter ohne Kältemittel/befüllt mit Luft KMV Bauteile mit Öl benetzt
Drehzahl	3 500 1/min
Dauer	1 k

9.2.3 Startverhalten mit flüssigem Kältemittel im mKMV Kurbelgehäuse

Der mKMV wird mit einem Temperaturgefälle zum Verdampfer von >10 K konditioniert, die Konditionier-temperatur um den Verdichter beträgt 10 °C. Nach vollständiger Füllung des KMVs mit flüssigem Kältemittel wird der Verdichter mit 100 % Ansteuerung des Regelventils und einer Drehzahl von 700 1/min gestartet.

Der effektive Start des mKMVs ist durch eine Saugdruckabsenkung um 1,0 MPa unter Ruhedruckniveau (bei nicht rotierendem Verdichter) oder dem Unterschreiten von 3,5 MPa Saugdruck gekennzeichnet, je nachdem, was zuerst eintritt.

Der Beginn der Kältemittelförderung des mKMV sollte innerhalb von 15 s erfolgen.

9.3 FAT-Test/Erprobung-Matrix

9.3.1 Allgemeines

Alle Messpunkte der Erprobungs-Matrix sind nach angemessenem Einlauf des mKMV (mehr als 50 h) aufzunehmen. Die Messung in der Erprobungsmatrix ist die Basis für die Durchführung der Tests bei den mKMV-Herstellern und der Verifizierung bei den Fahrzeugherstellern. Sie kann in Absprache zwischen Hersteller und Fahrzeughersteller ergänzt und erweitert werden (z. B. durch Akustikwerte).

Außerdem beschreiben alle Hochlastpunkte auch die Angabe für die max. Leistungsaufnahme.

9.3.2 Beschreibung FAT

Alle hergestellten Musterteile müssen mit einem identischen FAT vor Auslieferung geprüft werden.

Für spezifische Erprobungsteile ist die Durchführung des vollständigen FAT-Testes erforderlich. Dafür sind die Hochlastpunkte bei 900/1 800/4 000/6 000 1/min sowie bei Mittel- und Niedriglast jeweils die 1 800 1/min Punkte aufzunehmen und dem Fahrzeughersteller mit Auslieferung der KMV zu übergeben. Aus den Messdaten müssen sich alle relevanten Leistungs-, Effizienz und übrigen Kennwerte darlegen oder ableiten lassen.

Für allgemeine Erprobungsmuster wird ein reduzierter aber einheitlicher Testumfang festgelegt.

Die Nachweise müssen Angaben zu den in den Tabellen aufgeführten Werten, sowie Angaben zum Prüfstand (Art des Prüfstands, Kältemittel-, Ölfüllmenge), Ölumlafrate, Ansteuerstrom, sowie alle wesentlichen Temperatur und Druckwerte vor/im/nach mKMV enthalten.

Die Erprobungs-Matrix beinhaltet Hochlast-, Mittellast-, Niedriglast und Hysterese-Punkte, welche in den Tabellen 17 bis 20 beschrieben sind.